

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-240367

(43)公開日 平成7年(1995)9月12日

(51)Int.Cl.⁶
H 01 L 21/027
G 03 B 27/32
G 03 F 7/20

識別記号 F
F
5 2 1

F I

技術表示箇所

7352-4M H 01 L 21/ 30 5 2 5 B
7352-4M 5 1 6 A

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 13 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平6-32224

(22)出願日 平成6年(1994)3月2日

(71)出願人 000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 入江 信行
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内

(72)発明者 馬込 伸貴
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内

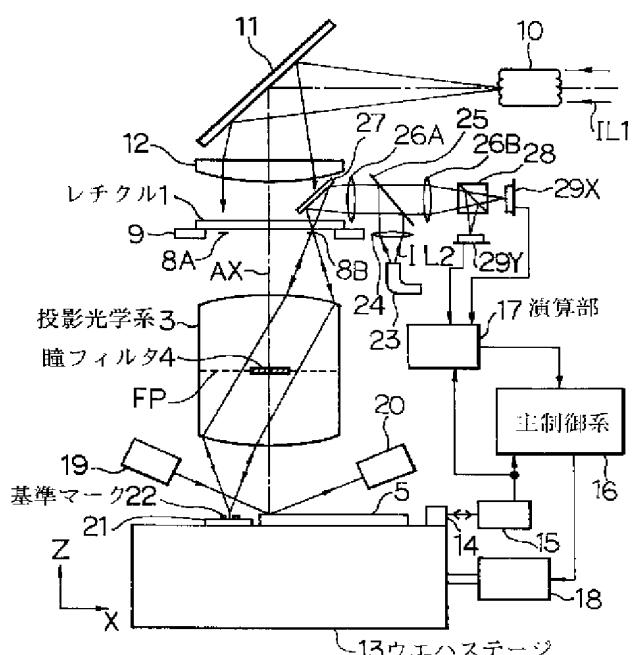
(74)代理人 弁理士 大森 聰

(54)【発明の名称】 投影露光装置

(57)【要約】

【目的】 投影光学系を介して所定のマークの観察又は投影を行う場合に、瞳フィルタが挿入されているときでも良好にそのマークの観察又は投影を行う。

【構成】 光ファイバ23を介して導いた照明光IL2により、レチクル1上のアライメントマーク8Bを照明し、レチクル1を透過した照明光により投影光学系3を介してウェハステージ13側の基準マーク22を照明する。基準マーク22をコンタクトホールパターンのような微細パターンの集合体から形成すると、基準マーク22からの回折光が、投影光学系3内の瞳フィルタ4の周囲を通過して撮像素子29X, 29Yに至る。撮像素子29X, 29Yの撮像面に基準マーク22の像とアライメントマーク8Bの像とが重畳して結像される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マスク上のパターンを投影光学系を介して、該投影光学系の光軸に垂直な平面内で移動自在な基板ステージ上に保持された感光基板上に投影する投影露光装置において、

前記投影光学系の瞳面又は該瞳面の近傍に配置された瞳フィルタと、

前記基板ステージ上に前記瞳フィルタの形状に応じた微細度で形成された基準マークと、

照明光で前記基準マークを照明する照明手段と、

該基準マークから発生した後、前記投影光学系を経た照明光を受光する受光手段と、を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】 マスク上のパターンを投影光学系を介して、該投影光学系の光軸に垂直な平面内で移動自在な基板ステージ上に保持された感光基板上に投影する投影露光装置において、

前記投影光学系の瞳面又は該瞳面の近傍に配置された瞳フィルタと、

前記マスク上に前記瞳フィルタの形状に応じた微細度で形成された基準マークを照明光で照明する照明手段と、該基準マークから発生した後、前記投影光学系を経た照明光を受光する受光手段と、を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項3】 前記基準マークを所定の計測方向の位置を示すマークとした場合、前記基準マークの明部の前記所定の計測方向に垂直な非計測方向への積分値の分布が均一になるようにしたことを特徴とする請求項1又は2記載の投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、例えば半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に使用される投影露光装置に関し、特に投影光学系を介してレチクルアライメント、重ね合わせ精度、又は投影光学系の結像特性の計測等を行う機能を備えた投影露光装置に適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体素子又は液晶表示素子等を製造するためのフォトリソグラフィ工程で、フォトマスク又はレチクル（以下、一例として「レチクル」を使用する）のパターンの像を投影光学系を介して、フォトレジストが塗布されたウエハ（又はガラスプレート等）上に露光する投影露光装置が使用されている。斯かる投影露光装置では、露光に先だってウエハが載置されたウエハステージに対するレチクルの位置合わせ（レチクルアライメント）を正確に行うために、レチクル上に形成されたアライメントマークとウエハステージ上に形成された基準マークとを投影光学系を介して同時に観察するアライメント系が使用されている。

【0003】 図12（a）に示す4個の直線パターンからなる基準マークFM1は、レチクルアライメントを行う場合に使用されるウエハステージ上の基準マークの一例であり、図12（b）に示す十字型のアライメントマークRM1が、それに対応するレチクル上のマークの一例である。基準マークFM1は、互いに直交するX方向及びY方向の位置の基準として使用される。この場合、例えばレチクル上から2次元撮像素子により投影光学系を介して基準マークを観察すると、レチクル上の観察視野内では図13（a）に示すようにアライメントマークRM1と基準マーク像FM1Pとが重なって観察される。そこで、例えばその図13（a）上のX軸に平行な走査線SLに対応する撮像素子上の走査線に沿って撮像信号を読み出すと、図13（b）に示す信号が得られ、この信号から基準マーク像FM1Pに対するアライメントマークRM1のX方向の位置ずれ量が求められる。同様に、Y方向への位置ずれ量も求められる。このようにして求められたアライメントマークRM1の位置ずれ量を所定の値に追い込むことにより、レチクルアライメントが行われる。

【0004】 また、投影露光装置においては、レチクルの2次元的な位置のみならず、ウエハステージ上の座標系に対するレチクルの傾き（レチクルローテーション）を所定の許容範囲内に収める必要があるため、以下のように所謂ステージ発光型のISS（Imaging Slit Sense）系によりレチクルローテーションの計測が行われていた。この場合、ウエハステージ側には図14（a）に示すように、Y方向に沿ってスリット状の開口パターンよりなるISSマークFM2が形成され、レチクル上にはそれに対応して図14（b）に示すように直線パターン状のアライメントマークRM2が形成されている。

【0005】 このとき、ISSマークFM2を底面側から照明した状態で、ウエハステージをX方向に走査すると、レチクル上では図15（a）に示すように、明るいISSマーク像FM2PがX方向にアライメントマークRM2を横切るように移動する。そこで、レチクルを透過した光束を受光して光電変換すると、図15（b）に示すように、ウエハステージのX方向の位置に応じて変化する信号が得られ、その信号が最小になるときの位置からアライメントマークRM2の位置が計測される。更に、例えばレチクル上でY方向に離れて形成された第2のアライメントマークのX方向の位置を求めるとき、2つのアライメントマークの位置の差分からウエハステージ上のY軸に対するレチクルの傾斜角が計測される。

【0006】 同様に、ウエハステージ側の基準マークとして、図16（a）に示すようなX軸に沿ってスリット状の開口パターンからなるISSマークFM3を使用することにより、ウエハステージ上のX軸に対するレチクルローテーションが計測され、図16（b）に示すように、基準マークとして十字型の開口パターンよりなるI

3

S S マーク F M 4 を使用すると、X 軸及び Y 軸に対するレチクルローテーションが計測される。

【0007】また、一般にフォトリソグラフィ工程では、ウエハ上の異なる層への露光が異なる投影露光装置を用いて行われることがあるため、それら異なる層間の重ね合わせ誤差を許容範囲内に収めるためには、各投影露光装置に備えられた投影光学系のディストーションをそれぞれ所定の許容範囲内に収める必要がある。そのため従来は、例えばテストレチクルのパターンを実際に投影光学系を介してウエハ上に 2 重に露光し、得られた像の各点での位置ずれを所謂レーザ・ステップ・アライメント方式（以下、「L S A 方式」という）で計測することにより、投影光学系のディストーションを計測していた。

【0008】そのテストレチクルとしては、図 18 に示すように、それぞれ一辺の幅 d (d は例えば $20 \mu m$) の正方形のドットパターンを一列に配列してなる評価用マーク R M 3 が縦横に所定のピッチで配列されたレチクルが使用されていた。そして、1 回目の露光では、そのテストレチクルの全面のパターンが主尺として露光され、2 回目の露光ではウエハステージをステッピング駆動しながら、ウエハ上の各点にそれぞれテストレチクル上の所定の評価用マークの像が副尺として露光されていた。その後、L S A 方式では、ウエハ上の各点に露光された 2 つのマークをスリット状の光スポットで走査し、各マークからの回折光を検出することにより、各点での 2 つのマークの位置ずれ量を検出していた。更に、このような二重露光方式により、ウエハ上の異なる層に露光される 2 つのパターンの重ね合わせ精度も計測されていた。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、従来の投影露光装置においては、種々のマークの位置検出又は投影が、投影光学系を介して行われていた。これに関して、最近投影光学系の瞳面（フーリエ変換面）付近に所定の透過率分布特性及び位相分布特性を有する光学的フィルタ（以下、「瞳フィルタ」という）を設置することにより、所定のパターンを露光する際の投影光学系の結像性能を向上させる試みがなされている。例えばコンタクトホールパターンのような孤立的パターンを露光する際の解像度、及び焦点深度を改善するためには、一例として特開平4-179958号公報に開示されているように、投影光学系の瞳面付近に光軸付近の円形領域を遮光する遮光型の瞳フィルタを設置するとよいことが分かっている。

【0010】図 17 (a) は、遮光型の瞳フィルタの作用の原理説明図であり、この図 17 (a) において、レチクル 1 上の微細なコンタクトホールパターン 2 の像が投影光学系 3 を介してウエハ 5 上に露光される。この際に、投影光学系 3 の瞳面 F P 上に光軸を中心として半径

r の円形領域を遮光する瞳フィルタ 4 が配置されている。投影光学系 3 の瞳の半径を a とすると、半径 r は例えば $0.8a$ である。この場合、レチクル 1 に露光光 I L が照射されると、コンタクトホールパターン 2 から射出される回折光の投影光学系 3 の瞳面 F P での強度分布は、分布曲線 6 で示すように瞳の外部の領域でも比較的大きな値を有する分布となる。そのため、単にその瞳全体を通過する光を用いてコンタクトホールパターン 2 の像を結像させると、得られる像の解像度は悪くなる。

10 【0011】それに対して、図 17 (a) に示すようにその瞳面 F P に瞳フィルタ 4 を設置すると、アポダイゼーション効果により、ウエハ 5 上に得られる像の強度分布を X 方向に拡大した図は 17 (b) の曲線 7 のようになり、像のピークから最初の零点までの間隔が短くなる。即ち、解像度が向上し、このとき同時に焦点深度の増大効果も得られる。

【0012】このように、投影光学系 3 の瞳面 F P 上に遮光型の瞳フィルタ 4 を設置すると、コンタクトホールパターンに対する投影光学系 3 の結像特性を向上させることができる。しかしながら、このように瞳フィルタ 4 が挿入された投影光学系 3 を介して図 12 (a) に示す基準マーク F M 1 を検出して、レチクルアライメントを行うものとすると、基準マーク F M 1 からの光の多くが瞳フィルタ 4 に遮られて光量が低下し、結果としてレチクルアライメントを高精度に行うことができないという不都合があった。同様に、図 14 (a) に示す I S S マーク F M 2 からの光を、瞳フィルタ 4 が挿入された投影光学系 3 を介してレチクル側に導こうとしても、その I S S マーク F M 2 からの光の多くが瞳フィルタ 4 に遮られてしまい、レチクルローテーションを高精度に求めることができないという不都合があった。

【0013】また、図 18 に示すようなドットパターン列状のアライメントマーク R M 3 の像を、瞳フィルタ 4 が挿入された投影光学系 3 を介してウエハ上に露光しようとしても、そのアライメントマーク R M 3 からの光の多くが瞳フィルタ 4 に遮られてしまい、ウエハ上にそのアライメントマークの容易に計測できる像が結像しないという不都合があった。そのため、瞳フィルタ 4 が挿入された投影光学系 3 のディストーション特性の計測が困難であり、且つその投影光学系 3 を備えた投影露光装置の重ね合わせ誤差の計測も困難であるという不都合があった。

【0014】本発明は斯かる点に鑑み、瞳フィルタが挿入された投影光学系を介して所定のマークの観察又は投影を行う場合に、そのマークの観察又は投影を良好に行うことができる投影露光装置を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明による第 1 の投影露光装置は、例えば図 1 に示すように、マスク (1) 上

5
のパターンを投影光学系(4)を介して、この投影光学系の光軸に垂直な平面内で移動自在な基板ステージ(13)上に保持された感光基板(5)上に投影する投影露光装置において、投影光学系(3)の瞳面又はこの瞳面の近傍に配置された瞳フィルタ(光学補正板)(4)と、基板ステージ(13)上にその瞳フィルタの形状に応じた微細度で形成された基準マーク(22)と、照明光でその基準マークを照明する照明手段(23～25, 26A, 27, 3)と、基準マーク(22)から発生した後、投影光学系(3)を経た照明光を受光する受光手段(27, 26A, 26B, 29X, 29Y)と、を有するものである。

【0016】次に、本発明による第2の投影露光装置は、例えば図9に示すように、マスク(46)上のパターンを投影光学系(3)を介して、この投影光学系の光軸に垂直な平面内で移動自在な基板ステージ(13)上に保持された感光基板(5)上に投影する投影露光装置において、その投影光学系の瞳面又はこの瞳面の近傍に配置された瞳フィルタ(4)と、そのマスク上に瞳フィルタ(4)の形状に応じた微細度で形成された基準マーク(M_{ij})を照明光で照明する照明手段(10～12)と、その基準マークから発生した後、投影光学系(4)を経た照明光を受光する受光手段(48, 49)と、を有するものである。

【0017】これらの場合、それら基準マーク(22, M_{ij})を所定の計測方向の位置を示すマークとした場合、それら基準マークの明部(反射型では反射部、透過型で光透過部)のその所定の計測方向に垂直な非計測方向への積分値の分布を均一化することが望ましい。

【0018】

【作用】斯かる本発明の第1の投影露光装置によれば、例えば瞳フィルタ(4)が光軸付近の光を遮光する中心遮光型の瞳フィルタである場合には、基板ステージ(13)上の基準マーク(22)を図2(a)に示すように微細なドットパターンの集合体から形成する。これにより、基準マーク(22)から発生する回折光の多くが投影光学系(3)の瞳面で光軸から離れた領域を通過するようになり、受光手段では基準マーク(22)からの光を十分な光量で受光できる。従って、瞳フィルタ(4)が配置されていても、基準マーク(22)を正確に検出できる。

【0019】このように基準マーク(22)を例えばドットパターンから構成した場合、基準マーク(22)の計測方向を図2(a)に示すようにX方向とすると、基準マーク(22)のX軸用のマーク(22X)の明部の非計測方向への積分値が、例えば図3の分布曲線(43)で示すように均一化するように分布を設定する。そして、マーク(22X)の位置を検出する際には、例えばX方向に多数回繰り返してマーク(22X)の像を走査し、この走査結果を平均化する。これにより、マーク

(22X)のX方向の位置を高い再現性で高精度に検出できる。

【0020】次に、本発明の第2の投影露光装置によれば、例えば瞳フィルタ(4)が光軸付近の光を遮光する中心遮光型の瞳フィルタである場合には、マスク(46)上の基準マーク(M_{ij})を図10(a)に示すように微細なドットパターンの集合体から形成する。これにより、基準マーク(M_{ij})から発生する回折光の多くが投影光学系(3)の瞳面で光軸から離れた領域を通過するようになり、受光手段では基準マークからの光を十分な光量で受光できる。従って、瞳フィルタ(4)が配置されていても、基準マーク(M_{ij})を正確に検出できる。

【0021】このように基準マーク(M_{ij})を例えればドットパターンから構成した場合も、基準マーク(M_{ij})の計測方向を図10に示すようにX方向とすると、その基準マークのX軸用のマークの明部の非計測方向への積分値が均一化するように分布を設定することにより、そのマークのX方向の位置を高い再現性で高精度に検出できる。

【0022】

【実施例】以下、本発明による投影露光装置の第1実施例につき図1～図3を参照して説明する。本実施例は、投影光学系を介してレチクルアライメントを行う場合に本発明を適用したものである。図1は、本実施例の投影露光装置を示し、この図1において、レチクル1はコンタクトホールパターン用の原版であり、レチクル1のパターン領域には所定の配列でコンタクトホールパターンの原画パターンが形成され、そのパターン領域のX方向の近傍に2つのアライメントマーク8A及び8Bが形成されている。アライメントマーク8B(8Aも同じ)は、図2(b)に示すように反射膜(遮光膜)からなる十字型のマークであり、その周囲は透過部となっている。

【0023】レチクル1のパターンを露光する際には、不図示の露光用の光源からの露光光IL1(水銀ランプのi線、又はエキシマレーザ光等)が、フライアイレンズ10に入射し、フライアイレンズ10の射出面に形成された多数の2次光源からの露光光が、ミラー11及びコンデンサーレンズ12を介してレチクル1のパターン領域を照明する。その露光光のことで、レチクル1のパターン領域内のパターンの投影光学系3を介した像が、ウエハステージ13上に保持されたウエハ5の各ショット領域に露光される。

【0024】その投影光学系3のレチクル1のパターン形成面に対するフーリエ変換面(瞳面)FP上に、投影光学系3の光軸AXを中心として所定半径の円形領域の光を遮光する遮光型の瞳フィルタ(光学補正板)4が配置されている。これにより、コンタクトホールパターンの像が高い解像度で、且つ深い焦点深度でウエハ5上に

7
投影露光される。

【0025】ここで、投影光学系3の光軸AXに平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な2次元平面の直交座標系をX軸及びY軸とすると、ウエハステージ13は、Z軸に垂直なXY平面内でウエハ5の位置決めを行うXYステージ、及びZ軸方向のウエハ5の位置を調整するZステージ等から構成されている。また、ウエハステージ13の端部に移動鏡14が固定され、この移動鏡14及び外部に設置されたレーザ干渉計15により、ウエハステージ13のX座標及びY座標が常時計測され、計測された座標が主制御系16及び演算部17に供給される。主制御系16は、計測された座標に基づいてウエハステージ駆動部18を介して、ウエハステージ13の移動座標を制御する。

【0026】また、投影光学系3の側方に、光軸AXに対して斜めに投影光学系3の露光フィールド内の所定の計測点にスリットパターン像を投影する投射光学系19と、その計測点からの反射光を受光してそのスリットパターン像を再結像し、この再結像された位置の基準位置からのずれ量に応じたフォーカス信号を生成して主制御系16に供給する受光系20とからなるオートフォーカスセンサが設けられている。この場合、その計測点が投影光学系3の結像面(ベストフォーカス面)に合致している状態で、そのフォーカス信号が0になるようにキャリブレーションが行われており、そのフォーカス信号の値から例えばウエハ5の露光面のベストフォーカス面からの位置ずれ量を検出できる。

【0027】更に、ウエハステージ13上のウエハ5の近傍にガラス基板よりなる基準マーク板21が固定され、この基準マーク板21の表面に、基準マーク22が形成されている。レチクルアライメント時にはオートフォーカスセンサを用いて、基準マーク板21の表面は、投影光学系3の結像面と同じ高さに設定される。図2(a)はその基準マーク22の拡大図であり、この図2(a)に示すように、基準マーク22は、X方向に離れて形成された2つのX軸基準マーク22X、及びY方向に離れて形成された2つのY軸基準マーク22Yより形成されている。また、X軸基準マーク22Xは、反射膜よりなる微小なドットパターン42をそれぞれY方向に長い2箇所の矩形領域に分布させたもの、Y軸基準マーク22Yは、反射膜よりなる微小なドットパターン42をそれぞれX方向に長い2箇所の矩形領域に分布させたものであり、ドットパターン42以外の領域は無反射性である。言い換えると、本実施例の基準マーク22は、図12(a)に示す従来の基準マークFM1の矩形領域にそれぞれドットパターン42を所定の配列で分布させたものである。

【0028】そのドットパターン42の大きさは、レチクル1のパターン領域内のコンタクトホールパターンのウエハ5上への投影像と同程度の大きさであり、形状は

円形、又は矩形等の何れでもよい。ドットパターン42が円形である場合、その径の一例は0.3μm程度であり、そのX方向及びY方向への配列ピッチは例えば0.75μm程度である。

【0029】そのドットパターンの分布としては、図2(a)に示すように、X軸基準マーク22Xでは、ドットパターン42をY方向(非計測方向)に積分して得られる分布が均一になるような分布が選ばれ、Y軸基準マーク22Yでは、ドットパターン42をX方向(非計測方向)に積分して得られる分布が均一になるような分布が選ばれている。即ち、X軸基準マーク22Xでは、ドットパターン42は、計測方向であるX軸に平行な多数の直線に沿って配列され、各直線上のドットパターン42の位置は互いにランダムである。また、Y軸基準マーク22Yでは、ドットパターンは、計測方向であるY軸に平行な多数の直線に沿って配列され、各直線上のドットパターンの位置は互いにランダムである。

【0030】次に、本実施例では、レチクル1の上方からアライメントマーク8B及び基準マーク22の位置関係を観察するためのアライメント顕微鏡が設けられている。このアライメント顕微鏡を用いてレチクルアライメントを行う際には、光ファイバ23を介して露光用の光源(不図示)から露光光IL1と同じ波長の照明光IL2が導かれる。光ファイバ23から射出された照明光IL2は、コリメータレンズ24によりほぼ平行光束化され、ビームスプリッター25により反射された後、対物レンズ26A及び光路折り曲げ用のミラー27を経て、レチクル1のアライメントマーク8Bの近傍を照明する。

【0031】この場合、アライメントマーク8Bとほぼ共役な位置にウエハステージ13側の基準マーク22が設定されているものとして、アライメントマーク8Bの周囲を透過した照明光IL2は、投影光学系3を経て基準マーク板21上の基準マーク22上を照明する。本実施例では、投影光学系3の瞳面FP上に瞳フィルタ4が設置されているため、アライメントマーク8Bを照明する照明光IL2の開口数(拡がり角)は、その瞳フィルタ(遮光部)4の周囲の領域まで達するような大きい値である必要がある。

【0032】その基準マーク22からの反射光、散乱光、及び回折光が投影光学系3の瞳フィルタ(遮光部)4の周囲を通過してレチクル1に戻る。この際に基準マーク22は、微小なドットパターンの集合体であるため、回折光の回折角が大きい。従って、基準マーク22からの回折光の多くが瞳フィルタ4の周囲を通過してレチクル1に戻るため、基準マーク22の像を明るい像として高いS/N比で観察できる利点がある。レチクル1を通過した基準マーク22からの光、及びレチクル1のアライメントマーク8Bで直線反射、散乱、又は回折された光が、共にミラー27を経て対物レンズ26Aに戻

る。対物レンズ26Aに戻された光は、ビームスプリッター25、結像レンズ26B、及びビームスプリッター28を経て、それぞれ2次元CCDよりなるX軸用の撮像素子29X、及びY軸用の撮像素子29Yの撮像面にアライメントマーク8Bの像と基準マーク22の像とを重ねて結像する。

【0033】図3は、図1のアライメント顕微鏡によるアライメントマーク8B付近の観察視野を示し、この図3において、アライメントマーク8BのY方向に長いX軸マーク8BXを挟むように基準マーク22内のX軸基準マークの像22XPが結像され、X方向に長いY軸マーク8BYを挟むようにY軸基準マークの像22YPが結像されている。そして、X方向に長い矩形の領域30Xの像が図1の撮像素子29Xにより撮像され、Y方向に長い矩形の領域30Yの像が撮像素子29Yにより撮像される。更に、撮像素子29Xでは、X軸に平行な走査線31₁～31_N（Nは2以上の整数）と共に走査線に沿って2次元の画素から撮像信号を読み出し、撮像素子29Yでは、Y軸に平行な走査線32₁～32_Nと共に走査線に沿って2次元の画素から撮像信号を読み出すようとする。このように読み出された撮像信号が図1の演算部17に供給され、演算部17では、供給された撮像信号からアライメントマーク8Bの、基準マーク22の像に対するX方向及びY方向への位置ずれ量を算出する。

【0034】この際に、演算部17では、例えば図3の走査線31₁～31_Nに対応する走査線上の撮像信号を平均化して得られた信号に基づいて、X軸基準マークの像22XPに対するX軸マーク8BXの位置ずれ量を算出する。但し、それら走査線の内ではほぼ全範囲で高レベルとなる領域、即ちY軸基準マークの像8BY内の領域の信号は除かれる。このとき本実施例では、X軸基準マークの像22XPの明部をY方向（非計測方向）に積分して得られる分布は、分布曲線43で示すように、X方向の両端のエッジが鋭く中間部のレベルが均一な分布となる。従って、X軸基準マークの像22XPの位置の計測結果の再現性は良好であり、基準マーク22の像に対するアライメントマーク8BのX方向への位置ずれ量が高精度、且つ高い再現性で計測される。同様に、アライメントマーク8BのY方向への位置ずれ量も高い再現性で計測される。

【0035】演算部17は、そのように算出した位置ずれ量にウエハステージ13の現在の座標値をオフセットとして加算して得た値を、主制御系16に供給する。これにより、ウエハステージ13が所定の基準位置に設定されている場合の基準マーク22に対するアライメントマーク8Bの位置ずれ量が計測される。同様に、図1のレチクル1上のアライメントマーク8Aの基準マーク22（又は別の基準マーク）に対する位置ずれ量が、アライメントマーク8A上に配置されたアライメント顕微鏡

（不図示）により計測される。それらアライメントマーク8A及び8Bの位置ずれ量を所定の許容範囲内に収めるようにレチクル1の位置決めを行うことにより、レチクルアライメントが完了する。

【0036】上述のように本実施例によれば、ウエハステージ13上の基準マーク22として微小なドットパターンの集合体を用いているため、基準マーク22からの回折光の回折角が大きくなっている。従って、投影光学系3の瞳面に遮光型の瞳フィルタ4が設置されていても、レチクル1の上方のアライメント顕微鏡により投影光学系3を介して基準マーク22を正確に観察できる。このため、レチクルアライメントを高精度に実行できる。

【0037】なお、上述実施例では、演算部17は例えば領域30Xに対応する撮像信号を平均化しているが、その他に、領域30Xに対応する画像データに画像処理により2次元的なローパスフィルタリング処理を施し、X軸基準マークの像22XPの平均的な像を求めてよい。この場合、この平均的な像の位置を基準としてアライメントマークの位置が検出される。

【0038】なお、上述実施例では基準マーク22としてドットパターンの集合体を使用しているが、基準マーク22として図4に示すように、配列ピッチの小さなライン・アンド・スペースパターンを使用してもよい。図4は、この場合にアライメント顕微鏡により観察されるレチクル上の観察視野を示し、この図4において、X軸基準マークの像33XPは、Y方向に小さなピッチで配列されたライン・アンド・スペースパターン、Y軸基準マークの像33YPは、X方向に小さなピッチで配列されたライン・アンド・スペースパターンである。従って、図1のウエハステージ13上で形成される基準マークは、それらの像33XP及び33YPに投影光学系3の投影倍率 β を乗じて得られる大きさのマークである。

【0039】図4のような基準マークを使用した場合でも、その基準マークからの回折光の多くが投影光学系3の瞳フィルタ4の外側の領域を通過してレチクル1に戻るため、その基準マークの位置を正確に検出できる。また、図4の場合でも、例えば領域30X内の走査線に対応させて撮像面上を走査して得られる撮像信号の平均化を行うことにより、基準マークの位置を高精度に且つ高い再現性で検出できる。

【0040】次に、本発明の第2実施例につき図5～図8を参照して説明する。本実施例は、レチクルローションを計測する場合に本発明を適用したものであり、図5において図1に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。図5は、本実施例の投影露光装置を示し、この図5において、レチクルホルダ9上に保持されたレチクル34のパターン領域（コンタクトホールパターンの原画パターンが形成された領域）の外側にY方向に長い直線状のアライメントマーク35A及び

35Bが形成されている。また、ウエハステージ13上のウエハ5の近傍に設置されたガラス基板よりなる基準マーク板36上の遮光膜(クロム膜等)中にX軸用のISSマーク37Xが形成されている。

【0041】図6(a)はそのISSマーク37Xを拡大して示し、この図6(a)において、ISSマーク37XはY方向に長い矩形領域に微小開口よりなる光透過性のドットパターン44を所定の配列で分布させたものである。言い換えると、本実施例のISSマーク37Xは、図14(a)の従来のISSマークFM2の開口内にドットパターン44を分布させたものであり、ドットパターン44の大きさはウエハ5上に瞳フィルタ4付きの投影光学系3を介して露光されるコンタクトホールパターンと同程度である。

【0042】また、そのISSマーク37Xの計測方向はX方向であり、ドットパターン44を非計測方向であるY方向に積分して得られる分布は、図6(a)の分布曲線45で示すように、X方向の両端部で鋭く立ち上がり中間部で均一な分布となる。即ち、ドットパターン44は、X軸に平行な多数の直線に沿って配列され、各直線上のドットパターンの位置は互いにランダムである。

【0043】一方、図6(b)は、レチクル34上の方のアライメントマーク35Bの形状を示し、この図6(b)に示すようにアライメントマーク35Bは遮光膜を直線状に形成したパターンである。この場合、ISSマーク37Xを投影光学系3を介して逆にレチクル34側に投影して得られる像の輪郭のX方向の幅は、アライメントマーク35BのX方向の幅と同程度に設定されている。

【0044】図5に戻り、本実施例では光ファイバ23を介して露光用の光源から露光光IL1と同じ波長の照明光IL2が、ウエハステージ13の内部に導かれている。そして、光ファイバ23から射出された照明光IL2が、集光レンズ38を介して基準マーク板36の底面側からISSマーク37Xを照明する。ISSマーク37Xが投影光学系3のイメージフィールド内にある場合には、ISSマーク37Xからの回折光が、投影光学系3の瞳フィルタ4の周辺を通過してレチクル34のパターン形成面にISSマーク37Xの像を結像する。この際に、ISSマーク37Xはドットパターンの集合体であり、回折光の回折角が大きいため、ISSマーク37Xからの回折光の多くが瞳フィルタ4の外部の領域を通過し、レチクル34上にはISSマーク37Xの良好な像が結像される。

【0045】ISSマーク37Xからの回折光は、レチクル34を透過した後、コンデンサーレンズ12、ミラー11を経てビームスプリッター39に達し、ビームスプリッター39で分離された光が集光レンズ40により光電変換素子41の受光面に集光される。光電変換素子41で受光した光を光電変換して得られた検出信号S3

が演算部17Aに供給される。演算部17Aには、レーザ干渉計15で計測されたウエハステージ13のX座標及びY座標も供給され、演算部17Aでは、後述のようにISSマーク37Xの像とアライメントマーク35Bとが合致するときのX座標を検出して主制御系16に供給する。同様に演算部17Aでは、Y軸用のISSマークの像とY軸用のアライメントマークとが合致するときのY座標を検出して主制御系16に供給する。他の構成は図1と同様である。

【0046】本実施例でレチクルローテーションを計測する際には、照明光IL2でISSマーク37Xを照明した状態で、ウエハステージ13をX方向に駆動して、ISSマーク37Xの像でアライメントマーク35BをX方向に走査する。これによりレチクル34のパターン形成面では、図7(a)に示すように、ISSマーク37Xの明るい像37XPがX方向に遮光膜よりなるアライメントマーク35Bを横切ることになる。従って、図5の光電変換素子41から出力される検出信号S3は、図7(b)に示すようにISSマークの像37XPがアライメントマーク35Bと合致したときに最小となるため、そのときのX座標が検出できる。

【0047】同様に、図5において、例えばアライメントマーク35Bに対してY方向(図5の紙面に垂直な方向)に離れたX軸用のアライメントマークの位置をISSマーク37Xを用いて検出し、2つのアライメントマークのX座標の差分からウエハステージ13側のY軸に対するレチクル34の回転角を求める。同様にして、X方向に長いY軸用のISSマークでX方向に長いアライメントマークをY方向に走査することにより、レチクル34のX軸に対する回転角が求められる。

【0048】このようにX方向に長いY軸用のISSマークとしては、図8(a)に示すように、X方向に長い矩形領域内に微小開口よりなるドットパターンを分布させたものである。また、X軸用のISSマークとY軸用のISSマークとを合わせたマークとして、図8(b)に示すように、十字型の領域内に微小開口よりなるドットパターンを分布させたISSマーク37を使用してもよい。

【0049】次に、本発明の第3実施例につき図9及び図10を参照して説明する。本実施例は、投影光学系のディストーション計測を行う場合に本発明を適用したものであり、この図9において図1に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。図9は本実施例の投影露光装置を示し、この図9において、レチクルホルダ9上に評価用マークM_{ij}(i=1, 2, …; j=1, 2, …)が規則的に形成されたテストレチクル46が保持されている。評価用マークM_{ij}の一部の拡大図を図10(a)に示すが、この図10(a)に示すように、評価用マークM_{ij}はX方向及びY方向に所定ピッチで配列され、且つ各評価用マークM_{ij}は、遮光膜中で十

字型の領域内に微小開口よりなるドットパターンを分布させたものである。各ドットパターンの大きさは、図9の瞳フィルタ4付きの投影光学系3を介して露光されるコンタクトホールパターンの大きさと同程度である。また、各評価用マークM_{ij}のY方向に長い矩形領域(X軸用のマーク部)内のドットパターンの分布は、Y方向への積分値が均一になるような分布であり、X方向に長い矩形領域(Y軸用のマーク部)内のドットパターンの分布は、X方向への積分値が均一になるような分布である。

【0050】図9に戻り、ウエハステージ13上の基準マーク板36上には開口パターン47X及び47Y(図10(b)参照)が形成されている。図10(b)に拡大図で示すように、開口パターン47XはY方向に長いスリット状の開口パターン、開口パターン47YはX方向に長いスリット状の開口パターンである。そして、テストレチクル46上の評価用マークM_{ij}のウエハステージ13上への投影像の輪郭の幅が、開口パターン47X及び47Yの幅とほぼ等しく設定されている。

【0051】図9において、基準マーク板36の底部に順に、集光レンズ48及び光電変換素子49が配置され、基準マーク板36上の開口パターンを通過した光が集光レンズ48により光電変換素子49の受光面に集光される。光電変換素子49から出力される検出信号が演算部17Bに供給される。演算部17Bには、レーザ干渉計15により計測されたウエハステージ13のX座標及びY座標も供給され、演算部17Bでは、供給された情報に基づいて投影光学系3のディストーションを求める。その他の構成は図1と同様である。

【0052】本実施例で投影光学系3の瞳フィルタ4が装着された状態でのディストーションを計測する場合には、レチクルホルダ9上にテストレチクル46を設置した状態でコンデンサーレンズ12を介して露光光IL1をテストレチクル9に照射する。これにより、テストレチクル46上の評価用マークM_{ij}の像が投影光学系3のイメージフィールド内に投影される。この状態で、ウエハステージ13をステッピング駆動して、基準マーク板36の開口パターン47Xで各評価用マークM_{ij}の像をX方向に走査すると共に、開口パターン47Yで各評価用マークM_{ij}の像をY方向に走査する。この際、開口パターン47Xが各評価用マークM_{ij}の像とX方向に合致する位置で光電変換素子49の検出信号が大きくなり、開口パターン47Yが各評価用マークM_{ij}の像とY方向に合致する位置で光電変換素子49の検出信号が大きくなることから、演算部17Bでは各評価用マークM_{ij}の投影像のX座標及びY座標を検出する。この検出結果をディストーションが無い場合のデータと比較することにより、投影光学系3のディストーション特性が計測される。

【0053】この場合、本実施例では投影光学系3の瞳

面に瞳フィルタ4が配置されているが、テストレチクル46上の各評価用マークM_{ij}はドットパターンの集合体であるため、各評価用マークM_{ij}からの露光光IL1による回折光の回折角が大きい。従って、各評価用マークM_{ij}からの回折光の多くが投影光学系3内の瞳面で瞳フィルタ4の周囲の領域を通過し、ウエハステージ13側には各評価用マークM_{ij}の像が正確に結像されるため、それら各評価用マークM_{ij}の像の位置を高精度に検出できる。その結果、投影光学系3の瞳フィルタ4が設置された状態でのディストーション特性を高精度に計測できる利点がある。

【0054】次に、本発明の第4実施例につき図11を参照して説明する。本実施例では例えれば図9の投影露光装置を使用して、二重露光により瞳フィルタ4が装着された状態での投影光学系3のディストーション特性を計測する。このため、先ず図9のテストレチクル46上の各評価用マークM_{ij}の代わりに、図11(a)に示すように、微小開口よりなるドットパターン51の集合体からなるX軸の評価用マーク50、及びこの評価用マーク50を90°回転して得られるY軸の評価用マークを用いる。

【0055】X軸の評価用マーク50は、Y方向に所定ピッチで部分パターン50Aを配列したものであり、各部分パターン50Aはそれぞれほぼ正方形の領域内にドットパターン51を規則的に配列したものである。言い換えると、評価用マーク50は、図18に示す従来の評価用マークRM3の各正方形のパターン内にそれぞれ微小なドットパターン51を分布させたものと等価であり、ドットパターン51の大きさは、瞳フィルタ4付きの投影光学系3で露光できるコンタクトホールパターンの原画パターンと同程度の大きさである。

【0056】本実施例では先ず、X軸の評価用マーク50及びY軸の評価用マークからなる評価用マークが規則的に配置されたテストレチクルの全パターンを、図9の投影露光装置において瞳フィルタ4付きの投影光学系3を介してウエハ5上に露光する。その後、それらの内の所定の評価用マークの像を、ウエハステージ13をステッピング駆動しながらウエハ5上に露光し、現像後に二重露光により形成された2つのマーク(レジストパターン)の位置ずれ量を計測する。この際には、例えば投影光学系を介しないオフ・アクシス方式で、且つLSA(レーザ・ステップ・アライメント)方式のアライメント系を用いて、スリット状のスポット光でそれら2つのマークを走査し、所定の方向に発生する回折光を検出して2つのマークの位置を検出する。得られた計測データの処理方法は従来と同様である。

【0057】本実施例でも、テストレチクル上の評価用マーク50が微小なドットパターンの集合体であり、発生する回折光の回折角が大きいため、瞳フィルタ4が装着された投影光学系3を使用しても、ウエハ上にはその

評価用マーク50の正確な像が露光される。従って、その投影光学系3のディストーション特性を正確に評価できる。しかも、オフ・アクシス方式の計測装置として従来の計測装置がそのまま使用できる利点もある。

【0058】なお、図11(a)のX軸の評価用マーク50の代わりに、図11(b)に示すような配列ピッチの小さなライン・アンド・スペースパターンよりなるX軸の評価用マーク52を使用してもよい。このX軸の評価用マーク52は、Y方向に所定ピッチで部分パターン52Aを配列したものであり、各部分パターン52Aはそれぞれほぼ正方形の領域内にY方向に微細なピッチでライン・アンド・スペースパターン53を配列したものである。言い換えると、評価用マーク52は、図18に示す従来の評価用マークRM3の各正方形のパターン内にそれぞれ微細なピッチのライン・アンド・スペースパターン53を分布させたものと等価であり、ライン・アンド・スペースパターン53のピッチは、瞳フィルタ4付きの投影光学系3で露光できるコンタクトホールパターンの原画パターンの配列ピッチと同程度の大きさである。図11(b)のような評価用マーク52を使用した場合でも、発生する回折光の回折角が大きく、発生する回折光の多くが投影光学系3内の瞳フィルタ4の外側の領域を通過する。従って評価用マーク52の像がウエハ上に正確に露光され、投影光学系のディストーション計測が高精度に行われる。

【0059】なお、この実施例は投影光学系のディストーション計測用のマークの微細度を従来例と変えたものであるが、通常のコンタクトホールパターン露光用のレチクルのパターン領域に、例えば微小なドットパターンの集合体として次工程用のアライメントマークを形成しておいてよい。この場合、コンタクトホールパターンの露光と並行して、そのアライメントマークも正確にウエハ上に露光されるため、その上層に次の回路パターンを露光する際にはそのアライメントマークを使用することにより、重ね合わせ精度を高めることができる。

【0060】また、上述の各実施例では、基準マーク22、ISSマーク37X、評価用マークM_{ij}、評価用マーク50、評価用マーク52等が使用されているが、これらのマークの明暗（又は透過／非透過）を反転させたマークを使用してもよいことは言うまでもない。また、基準マークとしては、互いに可干渉2光束の回折光を同一方向に射出するための所謂2光束干渉方式で検出対象とされる回折格子状マークも使用されるが、このような回折格子状マークに対しても本発明を適用して微細度を高めることにより、瞳フィルタが設置されている場合でも検出が容易となる。

【0061】更に、上述の各実施例の用途の他に、ウエハステージ13上の基準マーク板（例えば21）上に形成された基準マークを使用することにより、種々のTTL（スルー・ザ・レンズ）方式のアライメント系の検出

中心と、実際の露光位置との差（ベースライン）を求めるベースライン計測も行われる。この場合のマークとしても、上述実施例のように微細度を向上させたマークを使用することにより、投影光学系の瞳面付近に瞳フィルタが配置されていても高精度にベースライン計測が行われる。

【0062】次に、コンタクトホールパターンのような微細な孤立的パターンの結像特性を改善するための瞳フィルタとしては、上述のような遮光型の瞳フィルタのみならず、特願平4-263521号、特願平4-271723号で提案されているように投影光学系の瞳面付近において、例えば中心部の透過光と周辺部の透過光との間の干渉性を低減させた所謂SFINCS方式の瞳フィルタ、及び1991年春季応用物理学会の予稿集29a-ZC-8、9で発表された、例えば投影光学系の瞳面の中心部の透過光と周辺部の透過光との位相を反転させる所謂Super-FLEX方式の瞳フィルタ等がある。このような瞳フィルタが投影光学系の瞳面付近に設置された場合にも、投影光学系を介してマークの観察を行うか、または投影光学系を介して計測用のマークを投影する際には、その瞳フィルタにより良好な結像が妨げられる恐れがある。

【0063】そこで、このような場合にも、観察対象又は投影対象のマークの微細度を変更して、そのマークからの光がその投影光学系の瞳面付近の瞳フィルタ内の透過率が大きく、且つ位相分布もほぼ一定の領域を通過できるようにすることにより、そのマークの観察又は投影が良好に行われる。換言すれば、瞳フィルタのうち光学的な作用（特質）が同一の領域内をマークからの光が通過するようにその微細度を決定すればよい。更に、ライン・アンド・スペースパターン等の比較的密集した周期的パターンの露光を行う場合に解像度及び焦点深度を向上させる瞳フィルタとして、1991年秋季応用物理学会の予稿集12a-ZF-7、及び1992年春季応用物理学会の予稿集30p-NA-5等において、光軸を中心とする円形領域とその周辺の輪帯状の領域とで透過率を異なした瞳フィルタも提案されている。このような瞳フィルタを使用する場合には、投影光学系を介してマークの観察を行うか、または投影光学系を介して計測用のマークを露光する際には、その瞳フィルタにより良好な結像が妨げられる恐れがある。

【0064】そこで、このような場合にも、観察対象又は投影対象のマークの微細度を高めて、そのマークからの光がその投影光学系の瞳面付近の瞳フィルタ内の透過率が大きい領域を通過できるようにすることにより、そのマークの観察又は投影が良好に行われる。通常、周期パターン用の瞳フィルタは中心の円形領域の透過率が周辺の輪帯領域の透過率よりも小さくなっている。従って、この場合はマークからの光が周辺の輪帯領域を通過するようにマークの微細度を決定すればよい。また、例えば

図1において投影光学系3の実効的な瞳面のうち、特に周辺部(瞳フィルタの光学的な特質が同一の領域)内を、マークからの光が通過するようにマークの微細度を決定するとき、瞳面の実効径、すなわち投影光学系3の開口数を考慮する必要がある。つまり、マークの微細度(ピッチ等)を小さくすると、マークからの光の一部が投影光学系3に入射しなくなるためである。このように本発明は上述実施例に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0065】

【発明の効果】本発明の第1の投影露光装置によれば、投影光学系の瞳面付近の瞳フィルタの形状に応じて、基板ステージ上の基準マークから発生した光(回折光等)の多くがその瞳面付近を通過できるようにその基準マークの微細度を調整している。従って、瞳フィルタが設けられた投影光学系を介して、その基準マークからの光を十分に受光でき、その基準マークを良好に検出(観察)できる利点がある。

【0066】また、第2の投影露光装置によれば、投影光学系の瞳面付近の瞳フィルタの形状に応じて、マスク上の基準マークから発生した光(回折光等)の多くがその瞳面付近を通過できるようにその基準マークの微細度を調整している。従って、瞳フィルタが設けられた投影光学系を介して、その基準マークからの光を十分に受光でき、その基準マークを良好に検出(観察)できる利点がある。

【0067】これらの場合、それら基準マークの明部の非計測方向への積分値の分布を均一化したときには、その基準マークを非計測方向に繰り返し計測し、計測結果を平均化することにより、その基準マークの位置の計測結果の再現性が高まり、位置の計測精度が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による投影露光装置の第1実施例を示す構成図である。

【図2】(a)は図1中の基準マーク22を示す拡大平面図、(b)は図1中のアライメントマーク8Bを示す拡大平面図である。

【図3】図1のアライメント顕微鏡により観察される画像を示す拡大平面図である。

【図4】第1実施例で基準マーク22を別の基準マークに変えた場合にアライメント顕微鏡により観察される画像を示す拡大平面図である。

【図5】本発明の第2実施例の投影露光装置を示す一部を切り欠いた構成図である。

【図6】(a)は図5のISSマーク37Xを示す拡大平面図、(b)は図5のアライメントマーク35Bを示す拡大平面図である。

【図7】図5の投影露光装置においてステージ発光方式でアライメントマーク35Bの位置検出を行う場合の説明図である。

【図8】(a)はY軸用のISSマーク37Yを示す拡大平面図、(b)は十字型のISSマーク37を示す拡大平面図である。

【図9】本発明の第3実施例の投影露光装置を示す一部を切り欠いた構成図である。

【図10】(a)は図9の評価用マークの一部を示す拡大平面図、(b)は図9の基準マーク板36上に形成された開口パターンを示す拡大平面図である。

【図11】(a)は本発明の第4実施例で使用される評価用マーク50を示す拡大平面図、(b)はその第4実施例で使用される評価用マークの変形例を示す拡大平面図である。

【図12】従来のレチクルアライメントで使用される基準マーク及びアライメントマークを示す拡大平面図である。

【図13】図12のマークを使用した場合の位置検出の原理説明図である。

【図14】従来のレチクルローテーション計測で使用されるステージ発光型のISSマーク及び対応するアライメントマークを示す拡大平面図である。

【図15】図14のマークを使用した場合の位置検出の原理説明図である。

【図16】従来のISSマークの他の例を示す拡大平面図である。

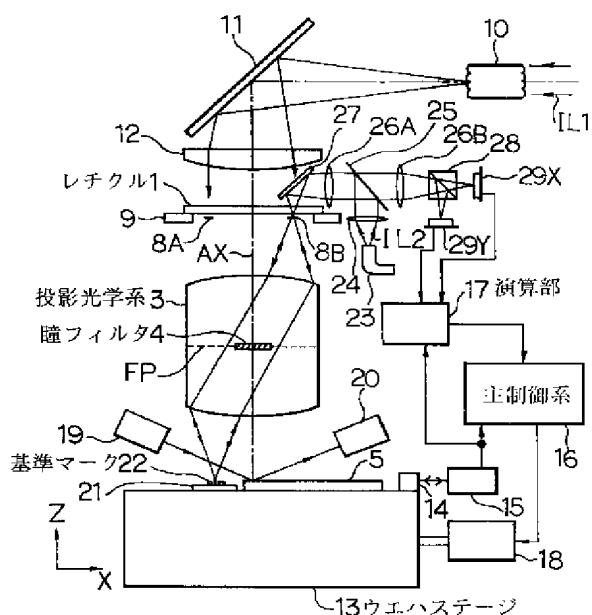
【図17】(a)は従来の瞳フィルタを挿入した投影光学系による結像状態を示す説明図、(b)はその投影光学系による投影像の強度分布を示す拡大図である。

【図18】従来の二重露光方式のディストーション計測で使用されるマークを示す拡大平面図である。

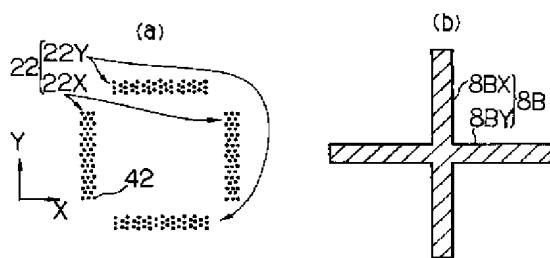
【符号の説明】

- 1, 34 レチクル
- 3 投影光学系
- 4 瞳フィルタ
- 5 ウエハ
- 8A, 8B アライメントマーク
- 9 レチクルホルダ
- 13 ウエハステージ
- 15 レーザ干渉計
- 16 主制御系
- 17 演算部
- 22 基準マーク
- 23 光ファイバ
- 29X, 29Y 撮像素子
- 37X, 37Y, 37 ISSマーク
- 41 受光素子
- 42 ドットパターン
- M_{ij} 評価用マーク
- 46 テストレチクル
- 47X, 47Y 開口パターン

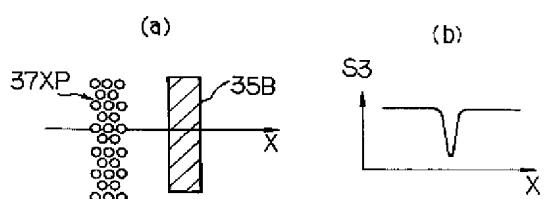
【図1】



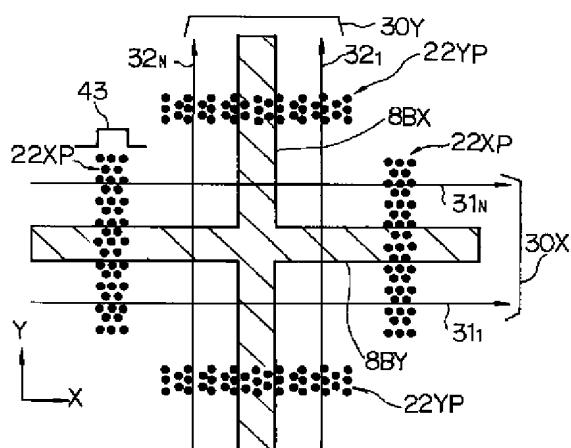
【図2】



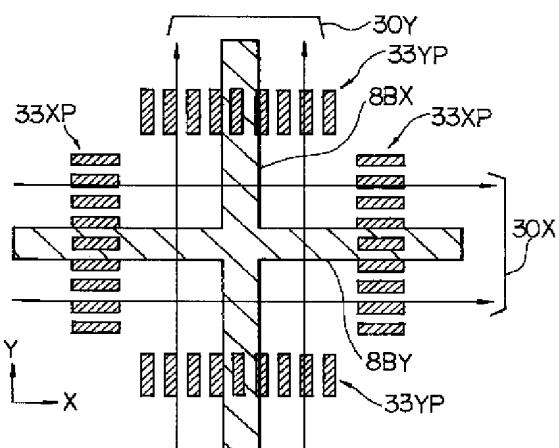
【図7】



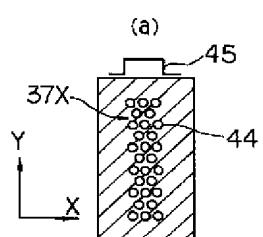
【図3】



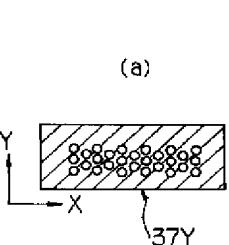
【図4】



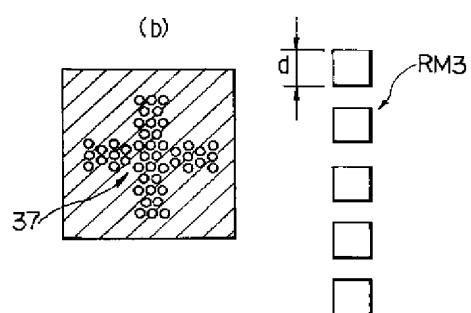
【図6】



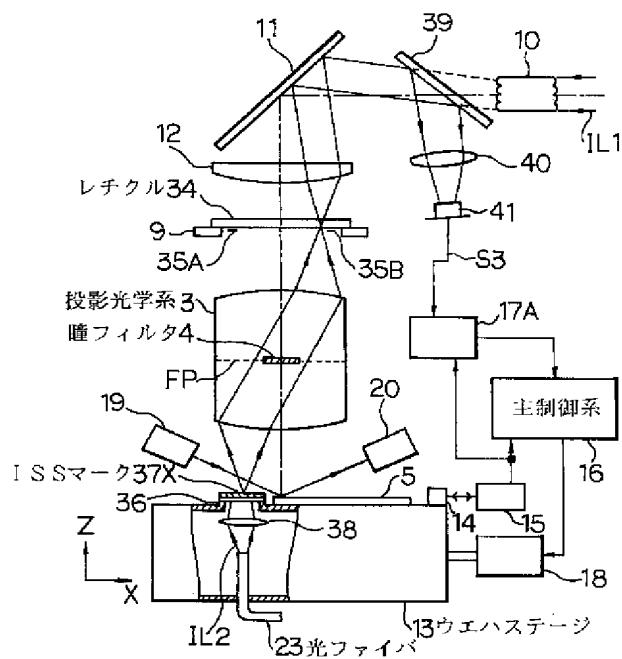
【図8】



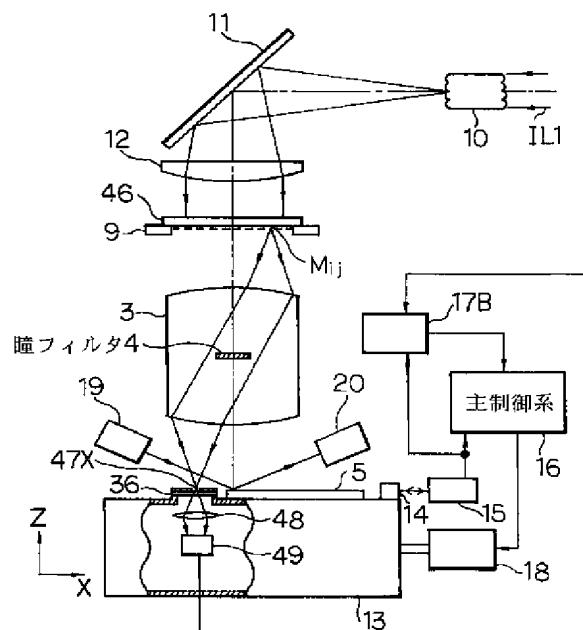
【図18】



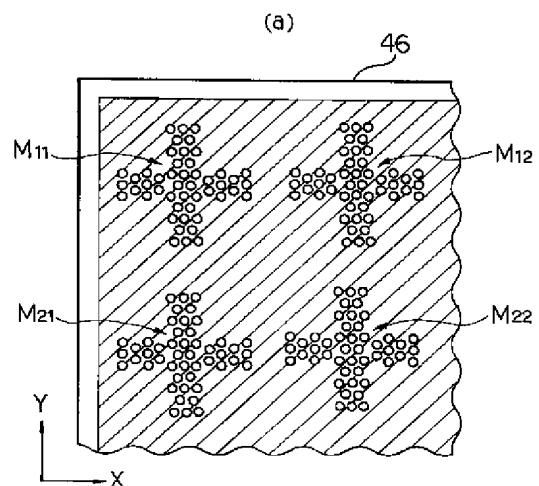
〔四〕 5



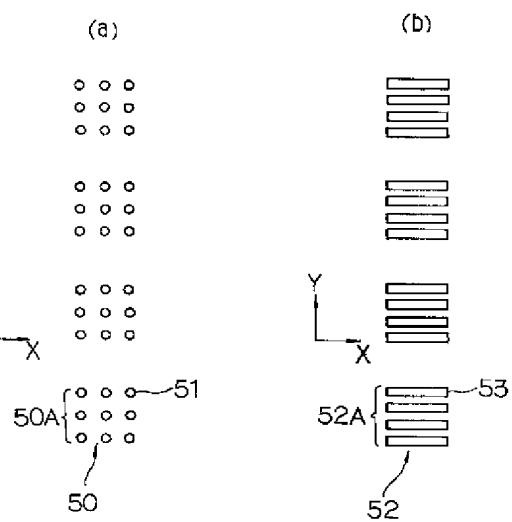
〔図9〕



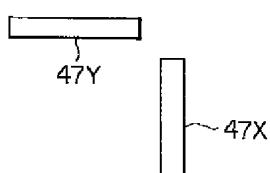
【図10】



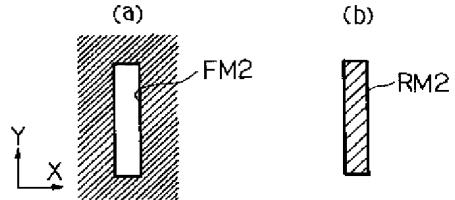
【図11】



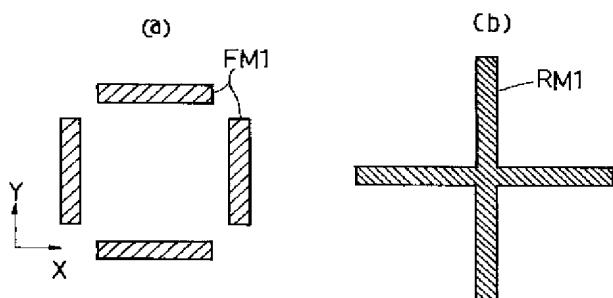
(b)



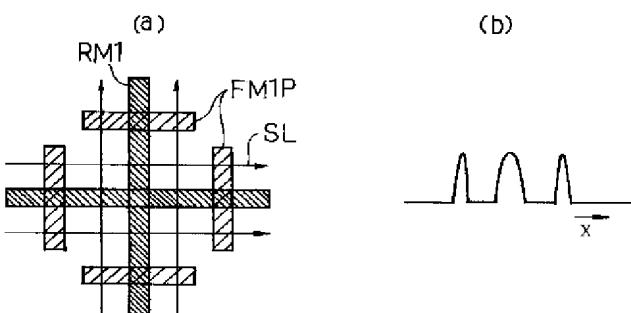
【図1-4】



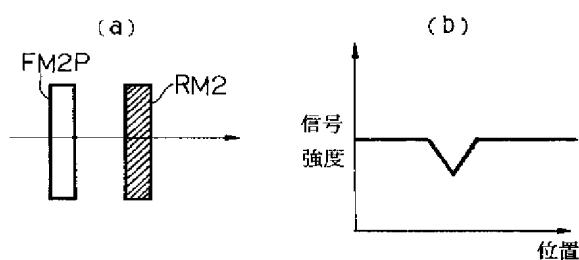
【図12】



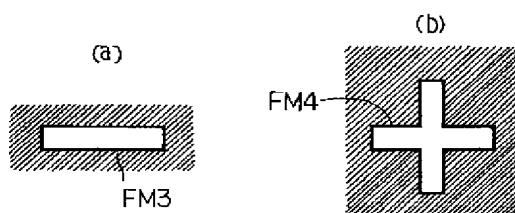
【図13】



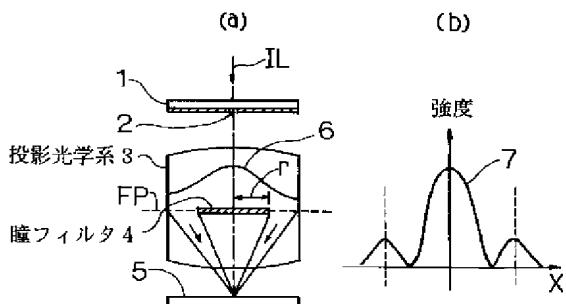
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(51) Int.CI.⁶

G 0 3 F 9/00

識別記号 序内整理番号

H

F I

技術表示箇所

7352-4M

H 0 1 L 21/30

5 2 6 A